

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova
Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

"Aprob"

Directorul Centrului de Excelență în
Energetică și Electronică



Mariana BARLADEAN

"17" septembrie 2025



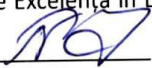
Curriculumul modular
S.07.O.021 Sisteme și tehnologii multiplexe

Specialitatea: 0714.7 Tehnologii și rețele de telecomunicații
Calificarea: 0714.7.1 Tehnician/tehniciană rețele de telecomunicații

Chișinău 2025

Aprobat:

La ședința Consiliul metodic-științific al Centrului de Excelență în Energetică și Electronică din
15 Septembrie 2025, director adjunct pentru instruire Virgil BANTAȘ 

La ședința Catedrei Comunicații a I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică din 02
Septembrie 2025, șef catedră Popov Natalia 

Coordonat cu:

Colegiul Universității Tehnice a Moldovei

Autori:

Stela ZAGAEVSCHI, grad didactic superior, I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

Natalia POPOV, grad didactic superior, I.P. Centrul de Excelență în Energetică și Electronică

Recenzenți:

1. CEGODARI Efim, Șef Serviciu Proiectare și Evidență Rețele, S.A. Moldtelecom.
2. PÎRȚÎNĂ Radu, Inginer superior în telecomunicații, Servicii administrare rețea, "StarLab" SRL
3. SAVA Lilia, conf. Univ, decan facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei

Adresa Curriculumului în Internet:

<https://ceee.md/programe-de-formare-profesionala/>

Cuprins

<i>II. Motivația, utilitatea unității de curs pentru dezvoltarea profesională.....</i>	<i>5</i>
<i>III. Competențele profesionale și rezultatele învățării.....</i>	<i>6</i>
<i>IV. Administrarea unității de curs.....</i>	<i>8</i>
<i>V. Repartizarea orientativă a orelor pe unități de învățare</i>	<i>8</i>
<i>VI. Unitățile de învățare</i>	<i>8</i>
<i>VII. Studiu individual ghidat de profesor</i>	<i>11</i>
<i>VIII. Lucrările practice/de laborator recomandate.....</i>	<i>13</i>
<i>IX. Sugestii metodologice</i>	<i>13</i>
<i>X. Sugestii de evaluare</i>	<i>15</i>
<i>XI. Resursele necesare pentru atingerea rezultatelor învățării.....</i>	<i>16</i>
<i>XII. Resursele didactice recomandate elevilor.....</i>	<i>17</i>

I. Preliminarii

Unitatea de curs *Sisteme și tehnologii multiplexe* este o parte componentă a programului de formare profesională în conformitate cu planul de învățământ aprobat de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova Nr.SC-53/24 din 03.09.2024, specialitatea 0714.7 Tehnologii și rețele de telecomunicații, termen de studii 4 ani, calificarea 0714.7.1 Tehnician/tehniciană rețele de telecomunicații.

Studiul unității de curs *Sisteme și tehnologii multiplexe* prevede asigurarea cunoștințelor referitoare la structura sistemelor de transmisiune și a elementelor de bază ale tehnicilor utilizate în vederea transmisiei simultane, independente, fiabile și fidele a mai multor mesaje analogice sau numerice pe acelaș suport fizic (linie metalică sau fibră optică), la o distanță oarecare – uneori foarte mare, de ordinul zecilor de mii de kilometri. Scopul final al unității de curs este formarea unui specialist în rețele de telecomunicații cu o viziune globală și actualizată asupra sistemelor complexe de comunicații. Competențele dobândite includ:

- Capacitatea de a evalua și alege în cunoștință de cauză mediul de transmisie (fibră optică, cupru, wireless) și metoda de multiplexare optimă (TDM, FDM, WDM, CDM).
- Determinarea distanței maxime de transmisie (fără necesitatea de amplificare sau regenerare) în funcție de rata de biți (pentru sisteme numerice) sau lățimea de bandă (pentru sisteme analogice) și de condițiile de calitate impuse (ex: rata de eroare a biților - BER).
- Înțelegerea profundă a impactului pe care îl au evoluțiile tehnologice (5G/6G, IoT, Cloud) asupra arhitecturii sistemelor de transmisii multiplexe.

Unitatea de curs *Sisteme și tehnologii multiplexe* include următoarele elemente:

1. *Tipuri de multiplexare* (TDM (Time Division Multiplexing), FDM (Frequency Division Multiplexing), WDM (Wavelength Division Multiplexing), CDM (Code Division Multiplexing));

2. *Echipamente și arhitecturi moderne:*

- Sisteme de transmisie optică: trecerea de la rețelele bazate pe SDH/SONET (sisteme sincrone) la rețelele bazate pe pachete/Ethernet utilizând tehnologii WDM/DWDM.
- Convergența rețelelor: studierea modului în care tehnicile multiplexe asigură transportul eficient al traficului eterogen (voce, date, video) în rețelele IP (Internet Protocol) și MPLS (Multi-Protocol Label Switching).
- Flexibilitate și programabilitate: introducerea conceptelor de rețele definite de software (SDN) și virtualizare a funcțiilor de rețea (NFV) aplicate blocurilor funcționale multiplexe .

3. *Standardizare și reglementare*

Se menține insistența asupra conformității cu Recomandările Uniunii Internaționale de Telecomunicații – Sectorul Standardizare a Telecomunicațiilor (UIT-T). Elevii vor studia seriile de recomandări relevante pentru:

- Sisteme optice: Seria G.65x (caracteristicile fibrelor optice) și G.69x (echipamente WDM).
- Ierarhii digitale: Seria G.70x (E1, T1) și G.8xx (SDH/SONET, Ethernet over SDH).

- Parametrii de calitate: Seria G.100 și G.82x (de exemplu, măsurarea BER și a latenței/jitter-ului).
- Obiectivul final al cursului este ca viitorul tehnician/tehniciană rețele de telecomunicații să aibă o viziune globală privind diversitatea problemelor ce apar într-un sistem tehnic complex cum este cel de telecomunicații, să poată alege în cunoștință de cauză mediul și metoda de transmisie, să determine distanța maximă – fără amplificare (regenerare) – a unei transmisiuni analogice sau numerice, în condiții de calitate impuse.
- Pentru o înțelegere optimă a materiei, este esențială parcurgerea următoarelor cursuri fundamentale, care oferă baza teoretică și practică:
- F.01.O.009 Materiale și componente pasive;
- F.03.O.012 Măsurări electrice și electronice;
- F.04.O.013 Dispozitive electronice și sisteme de alimentare în domeniu;
- F.05.O.014 Circuite analogice și digitale;
- S.04.O.018 Medii și echipamente de transmisiune;
- S.05.O.019 Comunicații optice.

II. Motivația, utilitatea unității de curs pentru dezvoltarea profesională

Unitatea de curs *Sisteme și tehnologii multiplexe* reprezintă baza în formarea specialiștilor din domeniul Tehnologii și rețele de telecomunicații, oferind cunoștințele esențiale despre modul în care rețelele de comunicații pot transporta eficient un volum masiv și divers de trafic (voce, date, video) pe o infrastructură fizică limitată.

Motivația studiului:

- Eficiența resurselor: cererea globală de lățime de bandă crește exponențial (servicii Cloud, 4K/8K streaming, IoT, 5G/6G). Fără tehnici de multiplexare, fiecare utilizator sau serviciu ar necesita o linie de comunicație dedicată, ceea ce ar fi imposibil din punct de vedere economic și fizic. Cursul oferă soluțiile tehnice pentru maximizarea capacității mediilor de transmisie existente (fibră optică, cupru, spectru radio).
- Înțelegerea arhitecturii rețelilor: sistemele multiplexe formează "coloana vertebrală" (backbone-ul) rețelilor naționale și internaționale. Înțelegerea lor este indispensabilă pentru a putea proiecta, instala și întreține rețele de transport de înaltă capacitate (ex: DWDM, SDH/SONET, Ethernet over Transport).
- Adaptarea la convergență: rețelele moderne sunt convergente, transportând orice tip de informație (analogică sau numerică) prin același sistem. Cursul explică principiile care permit coexistența și integrarea acestor tipuri de trafic.

Studierea acestei unități de curs contribuie direct la formarea și dezvoltarea următoarelor competențe profesionale de bază, esențiale la nivel de calificare de tehnician/specialist în rețele:

Competență vizată	Contribuția cursului
Cunoștințe factice, principii, procese și concepte generale din domeniul sistemelor de transmisiuni	Oferă vocabularul tehnic și fundamentele teoretice necesare pentru a opera și a comunica eficient într-un mediu profesional complex.
Analiza blocurilor funcționale ale unui sistem de transmisiuni	Permite descompunerea unui sistem complex (ex: un terminal optic DWDM) în elemente constitutive (multiplexor, demultiplexor, amplificator, regenerator), facilitând diagnosticarea și depanarea.
Descrierea tehnicilor de transmisiuni (analogice/numerice)	Oferă capacitatea de a face diferența între necesitățile unei transmisii analogice (modulație, lățime de bandă) și cele ale unei transmisii numerice (codare, sincronizare, BER), fiind vital pentru alegerea tehnologiei potrivite.

Competență vizată	Contribuția cursului
Descrierea tehnicilor de multiplexare (TDM, FDM, WDM, CDM)	Asigură competența de a alege metoda de multiplexare optimă în funcție de mediul de transmisie (fibră sau cupru) și de cerințele de capacitate, cost și distanță.
Identificarea echipamentelor rețelelor de comunicații electronice	Formează abilitatea de a recunoaște și a lucra cu echipamentele cheie din rețelele de transport (ex: OADM, OXC, multiplexoare PDH/SDH/Ethernet), asigurând integrarea rapidă în echipele de mentenanță și operare.

Competențele formate în cadrul acestui modul sunt fundamentale și devin pre-necesare pentru studierea ulterioară a unităților de curs orientate spre rețele și tehnologii de telecomunicații avansate, cum ar fi:

- Rețele de acces (GPON, FTTx).
- Rețele mobile (LTE, 5G Core Network).
- Proiectarea rețelelor (dimensionare, planificare frecvențe/lungimi de undă).

Acest curs transformă cunoștințele teoretice în abilități practice de planificare, instalare și întreținere a infrastructurii critice de comunicații.

III. Competențele profesionale și rezultatele învățării

Competențele profesionale:

- Aplicarea documentației tehnologice pentru lansarea activităților de bază.
- Supervizarea proceselor tehnologice.
- Realizarea controlului calității lucrărilor executate.
- Comunicarea eficientă cu superiorii și membrii echipei în activitatea profesională.

Competențele profesionale specifice ale modului sunt:

- CS1. Analiza structurii și caracteristicile rețelei de telecomunicații interurbane și urbane
- CS2. Descrierea tehnicilor de multiplexare în frecvență și în timp
- CS3. Analiza standardelor UIT-T privind sistemele de transmisiuni analogice și numerice (pleziocrone și sincrone)
- CS4. Precizarea principalelor blocuri funcționale din echipamentele de transmisiuni multiplex terminale și de linie
- CS5. Dimensionarea secțiunilor de amplificare (regenerare) asigurând respectarea criteriilor de calitate stabilite de UIT
- CS6. Posibilitatea utilizării rețelei de distribuție pentru aplicații multimedia.

Rezultatele învățării descriu ce va fi capabil să facă elevul la finalizarea unității de curs, bazându-se pe competențele profesionale și specifice stabilite.

1. Rezultate văzute prin competențele profesionale:

La finalul unității de curs, elevul va fi capabil să:

1. *Aplica documentația tehnologică:*

Să utilizeze și să interpreteze corect schemele tehnologice, specificațiile și diagramele blocurilor funcționale ale echipamentelor multiplexe (ex: SDH/SONET, DWDM) pentru instalarea și configurarea de bază.

2. *Superviza procesele tehnologice:*

Să monitorizeze fluxul de date și semnalizare prin sisteme multiplexe, identificând anomaliile de funcționare (ex: pierderea sincronizării TDM, degradarea semnalului WDM) și aplicând procedurile operaționale standard.

3. *Realiza controlul calității:*

Să efectueze măsurători de bază (ex: nivelul de semnal, Bit Error Rate - BER) și să le compare cu criteriile de calitate stabilite de UIT-T pentru a valida funcționarea corectă a legăturilor multiplexe.

4. *Comunica eficient:*

Să raporteze clar și concis superiorilor și echipei despre starea tehnică a sistemelor de transmisiuni, utilizând terminologia specifică (ex: PDH, SDH, Jitter, atenuare, lungime de undă).

II. Rezultate văzute prin competențele profesionale specifice

RI.CS1. Analiza rețelilor:

- Să descrie arhitectura și ierarhia de bază a rețelilor de telecomunicații interurbane și urbane (metropolitane), diferențiind rolul segmentelor de transport (core/backbone) față de cele de acces.

RI.CS2. Descrierea tehnicilor de multiplexare:

- Să explice principiile de funcționare ale tehnicilor de multiplexare în frecvență (FDM), timp (TDM), și să le compare din punct de vedere al eficienței spectrale și aplicațiilor (ex: FDM în analogic, TDM în digital, WDM în fibră optică);
- Alegerea tehnologiei optime: când se alege între ADSL/VDSL pe cupru și GPON/XGS-PON pe fibră, se prioritizează GPON nu doar pentru viteză (QoS), ci și pentru eficiența energetică pe termen lung și reducerea materialului brut necesar.

RI.CS3. Analiza standardelor UIT-T:

- Să interpreteze și să aplice principalele recomandări UIT-T (Seriile G) referitoare la structura cadrelor, ratele de biți și interfețele sistemelor de transmisiuni pleziocron (PDH) și sincrone (SDH/SONET);
- Standardizare: conformitatea cu UIT-T (seriile G) asigură interoperabilitatea și permite adoptarea tehnologiilor mai noi și mai eficiente (ex: migrarea de la PDH/SDH la Ethernet/WDM, care oferă o mai mare flexibilitate și un consum de energie per bit mai redus).

RI.CS4. Precizarea blocurilor funcționale:

- Să identifice și să explice funcția blocurilor de bază (ex: codor/decodor, modulator/demodulator, agregator, regenerator optic/electric) din cadrul echipamentelor terminale și de linie utilizate în transmisiile multiplexe.

RI.CS5. Dimensionarea secțiunilor:

- Să calculeze (sau să determine) distanța maximă a unei secțiuni de transmisie (fără amplificare/regenerare) pe fibră optică sau linie metalică, ținând cont de bugetul de putere/atenuare și de cerințele minime de calitate impuse de UIT;
- Dimensionarea secțiunilor: calculul distanței maxime de transmisie trebuie să includă și un factor de eficiență energetică. Prin utilizarea WDM, distanța maximă se menține cu un număr minim de amplificatoare/regeneratoare (care consumă energie) comparativ cu mai multe linii separate.

RI.CS6. Utilizarea rețelei de distribuție (access):

- Să evalueze capacitatea și să propună soluții bazate pe tehnici multiplexe (ex: WDM, PON, DSL) pentru a susține cerințele de bandă și QoS (Quality of Service) ale diferitelor aplicații multimedia (ex: IPTV, VoIP, Video Conferințe 4K).

Prin urmare, tehnicianul format va fi capabil să nu doar să instaleze și să testeze rețele, ci și să justifice alegerea tehnologică prin prisma sustenabilității economice și ecologice.

IV. Administrarea unității de curs

Semestrul	Numărul de ore				Forma de evaluare	Numărul de credite
	Total ore	Contact direct		Studiu individual		
		Teorie	Practică/ Laborator			
VII	90	46	14	30	examen	3

V. Repartizarea orientativă a orelor pe unități de învățare

Nr. crt.	Unități de învățare	Numărul de ore			
		Total ore	Contact direct		Studiu individual
			Teorie	Practică/Laborator	
1.	Noțiuni de bază privind sistemele de telecomunicații	14	8	2	4
2.	Sisteme de transmisiuni cu multiplexare în frecvență/analogice	24	10	4	10
3.	Sisteme de transmisiuni cu multiplexare în timp (transmisiuni numerice ierarhice)	36	20	6	10
4.	Transmisiuni numerice bidirecționale pe linia de abonat	16	8	2	6
	Total	90	46	14	30

VI. Unitățile de învățare

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
1. Noțiuni de bază privind sistemele de telecomunicații		
UC1. Descrierea tipurilor de semnale utilizate în comunicațiile electronice și procedeele de transmisie a acestora UC2. Identificarea echipamentelor rețelelor de comunicații electronice	1. Structura rețelei telefonice la nivel național și mondial. 2. Semnale utilizate în telecomunicații și procedee de transmisie a acestora; tehnici de modulație a semnalelor. Semnale analogice vs. numerice; tehnici de modulație (QAM, PSK, OFDM) și codare. 3. Sisteme de transmisiuni; nivele de transmisiune. Criterii de calitate: atenuare, zgomot, rată de eroare pe biți (BER), Jitter și wander. 4. Criterii și parametri ce definesc calitatea transmisiunii	A1. Reprezentarea structurii rețelelor telefonice naționale și mondiale A2. Măsurarea nivelului semnalului și ajustarea nivelului la normele stabilite UIT-T (ex: G.712). A3. Formarea porțiunii de rețea ce asigură calitatea impusă de transmisiune. Selectarea segmentului de rețea care asigură QoS (Quality of Service) conform specificațiilor. A4. Alegerea componentelor compatibile de rețea.

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	telefonice; standardizarea internațională. Transmisiuni pe 2/4 fire (echilibrare hibridă) și principii de bază ale FDD/TDD în transmisiile radio. 5. Transmisiuni pe două și pe patru fire. Separarea sensurilor de transmisie în cazul lucrului pe două fire.	Alegerea componentelor active/pasive compatibile cu standardele Ethernet/IP. A5. Formarea canalelor bidirecționale; testarea calității transmisiunii, inclusiv măsurarea ecoului și a diafoniei. A6. Testarea calității transmisiunii în ambele direcții A7. Testarea componentelor rețelei, determinând locul, tipul și remedierea deranjamentelor. A8. Asigurarea stabilității funcționării și minimizarea ecoului electric.
2. Sisteme de transmisiuni cu multiplexare în frecvență/analogice		
UC3. Asigurarea exploatării optime a sistemelor de transmisiuni analogice	1. Ierarhia sistemelor de curenți purtători. Obținerea grupelor de bază. Multiplexarea cu partajare în frecvență. FDM (Frequency Division Multiplexing): Ierarhia de bază și obținerea grupelor/supergrupelor. Spectrul de linie. 2. Subansamble funcționale în echipamentul terminal; 3. Subansamble funcționale în echipamentul de linie; Aplicații FDM moderne (ex: Separarea canalelor prin DMT/OFDM în xDSL). 4. Reglajul automat de nivel; Telealimentarea repetoarelor pe circuit fantomă.	A9. Descrierea tehnicilor de prelurare ale semnalelor. A10. Descrierea tehnicilor de multiplexare cu diviziune de frecvență. A11. Descrierea principiilor FDM (pentru sistemele legacy) și OFDM (pentru 4G/5G/VDSL). A12. Testarea parametrilor canalului analogic. Testarea parametrilor canalului analogic (lățime de bandă, distorsiuni, zgomot) cu analizorul de spectru. A13. Determinarea locului și tipului de deranjament în sisteme hibride FDM/TDM. Elaborarea programului și modalitatea de remediere a deranjamentului.
3. Sisteme de transmisiuni cu multiplexare în timp (transmisiuni numerice ierarhice)		
UC4. Asigurarea exploatării optime a sistemelor de transmisiuni numerice	1. Proprietățile statistice ale semnalului telefonic. Modulația impulsurilor în cod (MIC/PCM) și Modulația diferențială a impulsurilor în cod (MDIC/DPCM); Ierarhia sistemelor numerice pleziocrone (PDH-E1,E2,E3,E4); 2. Structura multiplexului primar cu MIC. Transmisia semnalizărilor aferente căilor.	A14. Descrierea tehnicilor de prelucrare ale semnalelor și de transmisiuni. A15. Identificarea structurii generale a unui sistem de transmisiuni. A16. Descrierea tehnicilor de multiplexare cu diviziune de timp. A17. Testarea parametrilor canalului digital.

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	Sincronizarea de cadru și multicadru; strategia sincronizării; 3. Multiplexarea de ordin superior. SDH (Ierarhia Numerică Sincronă): Structura cadrului STM-1, STM-N. Rata medie a dopării. Jitter de așteptare; 4. Codarea de linie; coduri recomandate de UIT-T 5. Regenerarea semnalelor numerice. Jitter de fază. Probabilitatea apariției erorilor în blocul de decizie; 6. Ierarhia numerică sincronă. Structura cadrului pentru STM-1, STM-N. Rolul indicatorului de adresă (pointer) în multiplexarea sincronă. Maparea multiplexului 140 Mbps și a multiplexului de 2,048 Mbps în VC-4; 7. Transmisiuni numerice pe fibră optică. Interfața optică. Codarea de linie. Regenerarea semnalelor optice: amplificatorul optic, lungimea secțiunii de regenerare; 8. Accesul prin multiplexarea lungimii de undă.	A18. Determinarea locului și tipului deranjamentului. A19. Elaborarea programului și modalitatea de remediere a deranjamentului.
4. Transmisiuni numerice bidirecționale pe linia de abonat		
UC5. Analiza arhitecturii și topologii de rețele de comunicații electronice. UC6. Identificarea echipamentelor rețelelor de comunicații electronice.	1. Servicii digitale pe linii de cupru: accesul la servicii de bandă îngustă; accesul la servicii de bandă largă. 2. Tehnologie xDSL. Clasificarea tehnologiei xDSL. Tehnologii de bandă largă pe linii de cupru: xDSL (ADSL, VDSL2) și arhitectura MSAN (Multi-Service Access Node). 3. Particularități ale rețelei de acces cu ADSL/VDSL. Servicii multimedia (VoIP, IPTV) și cerințele lor de bandă/QoS în rețeaua de acces. 4. Funcționarea echipamentelor ADSL/VDSL.	A20. Identificarea particularităților rețelei cu acces ADSL. A21. Precizarea modului de conectare a abonatului ADSL la centrala telefonică. A22. Identificarea serviciilor Internet posibile pe ADSL. A23. Instalarea și utilizarea unor dispozitive și echipamente specifice accesului de tip ADSL A24. Identificarea blocurilor componente ale unui modul ADSL A25. Precizarea caracteristicilor tehnologiei VDSL. A26. Precizarea serviciilor pentru care este potrivită

Unități de competență	Unități de conținut	Abilități
	5. FTTx (Fiber to the x): Arhitectura PON (Passive Optical Network – GPON/XGS-PON); echipamente OLT/ONT.	conexiunea VDSL. Precizarea modului de conectare a abonatului la centrală (ODF, Splitter, OLT) în rețelele FTTx. A27. Alegerea tehnologiei optime (VDSL2 vs. GPON) pentru un set dat de cerințe de servicii și distanță.

VII. Studiu individual ghidat de profesor

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Număr de ore
1. Descrierea arhitecturii și ierarhiei de bază a rețelelor de telecomunicații interurbane și urbane (metropolitane), diferențiind rolul segmentelor de transport (core/backbone) față de cele de acces			
Semnale utilizate în telecomunicații și procedee de transmisie a acestora.	Sinteză/note de curs pe baza literaturii.	Verificare orală	1
Organizarea diagramelor de nivel	Diagramă de nivel pentru un sistem dat (ex. sistem analogic pe 4 fire).	Verificare practică (desen sau interpretare diagramă).	1
Parametrii de calitate a căii de transmisiune – norme: distorsiuni liniare și distorsiuni neliniare; Raport semnal zgomot (RSZ).	Exerciții rezolvate/Studiu de caz privind RSZ și norme UIT-T.	Problemă/Exercițiu în cadrul unui test.	1
Sisteme de trecere 2 fire - 4 fire. Sisteme diferențiale active.	Schemă bloc/descriere a funcționării sistemului de trecere și a circuitului hibrid.	Verificare orală	1
2. Explicarea principiilor de funcționare și structura ierarhică a sistemelor de multiplexare în timp (TDM) și de a analiza modul în care acestea sunt utilizate în rețelele de telecomunicații pentru a crește eficiența transmisiei informației numerice			
Transmisiuni cu multiplexare în frecvență. Organizarea grupului terțiar de bază. Organizarea grupului cuaternar de bază. Determinarea și reprezentarea modulării în amplitudine a unui semnal.	Diagrama de frecvență (spectrul) pentru un grup terțiar/cuaternar.	Verificare grafică sau problemă de calcul/analiză.	4
Modulatoare utilizate în sistemele de curenți purtători. Generatoare de purtători. Caracteristici și cerințele de bază. Filtre utilizate în sistemele de curenți purtători	Sinteză/descriere (funcționarea modulatoarelor și a filtrelor).	Verificare orală	2
Calculul lungimii secțiunii de	Probleme rezolvate	Verificarea calculelor	4

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Număr de ore
amplificare ținând seama de normele UIT-T privind puterea maximă a zgomotului la ieșirea căii.	de calcul al secțiunii de amplificare/zgomot.		
3. Interpretarea și aplicarea principalelor recomandări UIT-T (seriile G) referitoare la structura cadrelor, ratele de biți și interfețele sistemelor de transmisiuni pleziocrone (PDH) și sincrone (SDH/SONET)			
Modulația diferențială a impulsurilor în cod. Modulația delta. Măsurarea ratei erorilor. Procedura CRC-4 de monitorizare a erorilor. Norme.	Descriere comparativă (PCM, DPCM, DM) și exerciții pe rata erorilor.	Problemă/exercițiu de calcul sau test teoretic.	2
Receptorul cuvântului de sincronizare. Diagrama de stări a aparatului de sincronizare.	Diagramă de stări a receptorului de sincronizare.	Verificare grafică/orală (explicarea diagramei).	2
Multiplexoare sincrone. Multiplexoare cu inserție-extracție (ADM). Multiplexoare cross-connect.	Sinteză/Schemă bloc (funcționarea ADM și DXC).	Verificare orală	1
Structuri logice SDH de tip „lanț” , „inel” , „stea” și de tip „plasă”.	Diagramă vizuală a topologiilor SDH.	Verificare grafică/orală (Identificare și avantaje/dezavantaje).	1
Protecția rețelelor în „inel”. Protecția rețelelor „plasă”. Metode de protecție.	Analiză/comparație a metodelor de protecție (ex. MS-SPRing).	Test pe mecanismele de protecție.	2
Multiplexarea cu divizarea densă a lungimii de undă – DWDM. Caracteristici și avantaje. Multiplexarea cu divizarea lungimii de undă cu distanță intercanal mare – CWDM. Caracteristici și avantaje.	Sinteză comparativă (Tabel DWDM vs. CWDM).	Verificare orală/test grilă pe caracteristici și aplicații.	2
4. Înțelegerea principiilor și a soluțiilor tehnice, precum circuitele hibride și ecoul, folosite pentru a realiza transmisia simultană, full-duplex, a semnalelor numerice pe o singură pereche de fire din bucla de abonat (de exemplu, în sistemele DSL), și capacitatea de a identifica factorii care influențează performanța acestei transmisii			
Funcționarea echipamentelor ADSL/VDSL. Aplicații în rețelele de comunicații.	Referat/prezentare despre transmisia bidirecțională pe bucla de abonat și tehnicile anti-ecou. Schemă bloc detaliată (Funcționarea ADSL/VDSL).	Test/verificare orală	4
Accesul integral pe fibră optică (FTTx). Accesul radio.	Sinteză comparativă (FTTx vs. Acces	Verificare orală/Test grilă pe tehnologii de	2

Materii pentru studiul individual	Produse de elaborat	Modalități de evaluare	Număr de ore
	Radio).	acces.	

VIII. Lucrările practice/de laborator recomandate

1. Analiza aparatelor de măsură specifice sistemelor de transmisiuni
2. Analiza modulatorilor pentru sistemele de curenți purtători
3. Studiul multiplexului primar cu MIC/PCM (E1)
4. Implementarea și analiza codării de linie
5. Regenerarea semnalelor numerice.
6. Sinteza sistemelor de trecere 2F/4F în joasă și înaltă frecvență
7. Măsurarea parametrilor de calitate pe un canal echilibrat
8. Formarea unei grupe primare FDM
9. Simularea ierarhiei SDH (STM-1)
10. Studiul arhitecturii ADSL/VDSL.

IX. Sugestii metodologice

Elementul de bază al Curriculumului sunt competențele ce trebuie formate și dezvoltate în procesul de formare profesională. Acestea vor fi formate prin organizarea eficientă a procesului de instruire. Pentru aceasta sunt necesare două condiții:

1. Organizarea activităților. Pentru buna organizare a procesului didactic ambii participanți necesită de a-și organiza activitățile. De modul cum sunt organizate acestea depinde în mare măsură nivelul de formare a competențelor. În această ordine de idei, în procesul de organizare a activităților se vor asigura:

- asigurarea unui mediu de lucru colaborativ (laborator/seminar) unde profesorul acționează ca mentor/ghid în rezolvarea problemelor tehnice complexe (ex: simularea unei rețele SDH);
- stabilirea unor sesiuni de feedback activ (individual și de grup) după activitățile practice, pentru a clarifica neînțelegerile și a ajusta nivelul de dificultate al sarcinilor (de exemplu, ajustarea simulărilor);
- definirea clară a rolurilor în echipele de proiect și stabilirea unor protocoale de lucru (ex: formatul standard pentru rapoarte de laborator).

2. Selectarea adecvată a metodelor de instruire. Se recomandă utilizarea metodelor de instruire precum:

Simularea și modelarea. Simularea este utilizată pentru prezentarea la faza inițială a unor concepte, oferind posibilitatea de ghidare a activității elevului în bază de situații practice. Prin intermediul acestei metode se pot reda, prin analogie, diverse situații, raționamente, care pot să reprezinte relații dintre obiecte, fenomene, procese etc. Utilizarea de software de simulare (ex: MATLAB/Simulink, Packet Tracer, simulatoare de echipamente TDM/SDH) pentru a vizualiza concepte cheie (ex: efectul zgomotului asupra RSZ-ului, formarea cadrelor E1, structura containerelor VC în SDH).

Problematizarea mai poate fi denumită și predare prin rezolvare de probleme sau predare productivă de probleme. Conform acestei metode instruitului este pus în fața unor dificultăți create în mod deliberat, și prin depășirea lor învață ceva nou. „Punctul forte” al metodei îl constituie situația-problemă care necesită aplicarea cunoștințelor multiplexe. Din această cauză este necesar de a

formula corect situația. La crearea situație de tip problemă se va ține cont de următoarele caracteristici:

- A. Situația trebuie să prezinte o dificultate pentru instruit, iar pentru a găsi soluția, acesta se va confrunta cu efort de gândire;
- B. Situația trebuie să prezinte interes, astfel încât acesta să acționeze spre a rezolva problema;
- C. Situația trebuie să orienteze activitatea instruitului spre a rezolva problema și de al cointeresa pe acesta de a dobândi noi cunoștințe;
- D. Rezolvarea situației nu va fi posibilă fără a apela la resurselor recent dobândite.

Prin intermediul situației create, instruitul este cointerestat de a studia, analiza și a participa la rezolvarea problemei. Aplicarea acestei metode presupune parcurgerea a patru etape:

- 1. Formularea problemei – este descrisă situația problemă, explicarea, după necesitate a diferitor puncte cheie, care ar permite instruitului să perceapă problema;
- 2. Studiarea problemei – se lucrează în mod independent, sunt reactualizate anumite resurse;
- 3. Determinarea soluției – în cadrul acestei etape sunt pregătite resursele necesare, se descoperă mijloacele care duc la rezolvarea problemei și este analizat modul de aplicare a acestora în determinarea soluției;
- 4. Obținerea rezultatului final – se analizează rezultatul obținut și formate anumite concluzii.

Algoritmizarea reprezintă o metodă de predare-învățare bazată pe utilizarea și valorificarea algoritmilor în procesul de instruire. Algoritmul de instruire se reprezintă sub forma unui grup de scheme, unui set de operații, iar prin parcurgerea lor într-o ordine bine stabilită duce la rezolvarea unui set de probleme caracteristice unei familii de situații. În rezultatul aplicării acestei metode se va oferi posibilitatea studentului de a elabora treptat propriile scheme, aplicabile în diferite circumstanțe didactice.

Instruirea asistată de calculator (IAC) este o metodă didactică care valorifică principiile de modelare și analiză cibernetică. Prin intermediul calculatorului se pune la dispoziția elevului un set de probleme, care necesită a fi analizate, completate sau elaborate. Utilizarea metodei va oferi posibilitatea de organizarea informației conform cerințelor programei adaptabile la capacitățile fiecărui elev; stimularea cognitivă a elevului prin secvențe didactice și întrebări ce vizează depistarea unor lacune, probleme, situații-problemă; rezolvarea sarcinilor didactice prezentate anterior prin reactivarea sau obținerea informațiilor necesare de la resursele informatice apelate prin intermediul calculatorului; realizarea unor sinteze recapitulative după parcurgerea unor teme, module de studiu, lecții; asigurarea unor exerciții suplimentare de stimulare a creativității elevului. Folosirea platformelor de învățare pentru teste interactive, resurse digitale și probleme de autoevaluare (ex: calculul ratei de biți în diferite ierarhii PDH sau determinarea lungimii de amplificare conform UIT-T).

Metoda studiul de caz valorifică o situație reală care se analizează și se rezolvă. Așa cum problemele rezolvate în stilul orientat pe obiecte au un grad sporit de dificultate, sunt cazuri când este necesar de a prezenta elevului probleme deja rezolvate. Avantajul metodei, constă în faptul că fiecare dintre elev își va aduce aportul la analiza și rezolvarea problemei. În utilizarea acestei metode se conturează câteva etape: 1) Selectarea și prezentarea cazului; 2) Organizarea echipelor de lucru; 3) Prelucrarea și conceptualizarea; 4) Structurarea finală a studiului.

Instruirea prin proiecte reprezintă o modalitate de instruire/autoinstruire grație căreia elevii, dar mai ales elevii efectuează o cercetare orientată spre obiective practice și finalizată într-un produs ce poate fi un obiect, un aparat, o instalație, o culegere tematică, un album, o lucrare științifică etc.

Parcursul conținuturilor se va realiza în integralitatea lor. Pentru atingerea competențelor specifice stabilite prin modul, profesorul are libertatea de a dezvolta anumite conținuturi, de a le eșalona în timp, de a utiliza activități variate de învățare, cu accentuare pe cele cu caracter aplicativ, centrate pe elev.

Între competențe și conținuturi există o relație biunivocă: competențele determină parcursul conținuturilor tematice, iar prin parcursul conținuturilor tematice se asigură dobândirea, de către elevi, a competențelor dorite. Succesul procesului de instruire depinde de integrarea metodelor active (simulare, problematizare, proiecte) cu instrumente tehnice (IAC) pentru a transpune cunoștințele teoretice (norme, principii) în competențe aplicative solide necesare unui specialist în Tehnologii și rețele de telecomunicații.

X. Sugestii de evaluare

Axarea procesului de învățare-predare-evaluare pe competențe presupune efectuarea evaluării pe parcursul întregului proces de instruire. Evaluarea continuă va fi structurată în evaluări formative și evaluări sumative (finale) ce țin de interpretarea creativă a informațiilor și de capacitatea de a rezolva situațiile de problemă.

Activitățile de evaluare vor fi orientate spre motivarea elevilor și obținerea unui feedback continuu, fapt ce va permite corectarea operativă a procesului de învățare, stimularea autoevaluării și a evaluării reciproce, evidențierea succeselor, implementarea evaluării selective sau individuale.

Pentru a eficientiza procesele de evaluare, înainte de a demara evaluările, cadrul didactic va aduce la cunoștința elevilor tematica lucrărilor, modul de evaluare (bareme/grile/criterii de notare) și condițiile de realizare a fiecărei evaluări.

Pentru evaluarea competențelor incluse în curriculumul de *Sisteme și tehnologii multiplexe* se recomandă utilizarea unor metode și instrumente moderne de evaluare:

- fișe de lucru (în clasă, acasă);
- fișe cu itemi rezolvare de probleme, itemi de completare, itemi cu alegere multiplă, itemi cu alegere duală;
- observarea sistematică a elevului;
- miniproiectul prin care se evaluează metodele de lucru folosite de elev, utilizarea eficientă a bibliografiei, materialelor și echipamentelor din dotare, modul de organizare a ideilor și resurselor materiale, acuratețea tehnică a execuției;
- portofoliul, ca instrument de evaluare flexibil, complex, integrator, ca o modalitate de înregistrare a performanțelor elevilor pe o anumită durată de timp.

Evaluarea formativă, continuă și regulată permite atât profesorului cât elevului să cunoască nivelul de achiziție a competențelor, să identifice lacunele și cauzele lor, să facă remedierile care se impun în vederea reglării procesului de predare / învățare.

Se evaluează numai competențele din acest modul, evaluarea altor competențe nefiind relevantă. O competență se evaluează o singură dată. Demonstrarea unei alte abilități în afara celor din competențele specificate este lipsită de semnificație în cadrul evaluării. Elevii trebuie evaluați numai în ceea ce privește dobândirea competențelor specificate.

Evaluare sumativă. Pe parcursul modului se realizează evaluare continuă, prin aplicarea instrumentelor de evaluare continuă (probe scrise, probe orale, probe practice), iar la sfârșitul lui se

realizează evaluare sumativă, pentru verificarea atingerii competențelor. În acest scop, vor fi clar stabiliți indicatorii și descriptorii de performanță ai procesului și produsului realizat de către elev. Pentru fiecare unitate de învățare se efectuează evaluare sumativă.

Evaluarea trebuie să fie **centrată pe competențe** și să măsoare nu doar *ce știe* elevul, ci și *ce poate face* cu acele cunoștințe.

Aspectul evaluării	Particularizarea
Evaluarea cunoștințelor conceptuale	Teste scrise (teorie): Vizează normele UIT-T (seriile G), structurile de cadre PDH/SDH, principiile de modulație (PCM, DM) și funcționarea circuitelor hibride.
Evaluarea competențelor de analiză	Probleme de calcul: Exerciții de determinare a ratelor de biți, calculul zgomotului, distanța maximă de amplificare sau analiza diagramei de stări a sincronizării.
Evaluarea competențelor practice și aplicative	Lucrări de laborator/simulare: Evaluarea capacității de a configura un multiplexor virtual (în simulator), de a analiza spectrul de frecvențe (ex: FDM) sau de a interpreta rezultatele unei simulări a transmisiei DSL.
Evaluarea competențelor de proiectare și sinteză	Proiect/studiu de caz (produs elaborat): Evaluarea proiectului de rețea (SDH/DWDM) sau a studiului de caz detaliat (ex: soluții pentru anularea ecoului pe bucla de abonat).

Evaluarea finală a unității de curs *Sisteme și tehnologii multiplexe* se va realiza printr-un examen care va include o probă teoretică (ce poate fi sub formă de test scris/oral sau test online) și o probă practică (de regulă, o aplicație sau o simulare) pentru a măsura atât cunoștințele conceptuale, cât și competențele aplicative dobândite.

XI. Resursele necesare pentru atingerea rezultatelor învățării

Cerințe față de sălile de curs	
Pentru orele teoretice	Calculator, proiector multimedia / tablă interactivă
Pentru orele de laborator	Laborator cu standuri cu aparate și echipamente specializate, echipamente de măsură și control. Sală de calculatoare care asigură fiecărui elev un calculator.
Cerințe tehnice	
Parametri tehnici minimi ai calculatorului	Procesor: 2 GHz. Memorie operativă: 4 GB. Unitate de stocare: 500 GB. Afișaj și grafică: size: 22", resolution: 1366 × 768. Network: Ethernet, 100 Mb.
Software	Sistem de Operare Microsoft Windows. Platforme de învățare
Hardware	Set filtre trece bandă, sursă de curent continuu 5-100V, generator de semnal $f_{\max}$ de 500 MHz, osciloscop cu 4 canale cu $f_{\max}$ mai mare de 500 MHz, milivoltmetru selectiv c $f_{\max}$ de circa 500 MHz, modem, router, regeneratoare.

XII. Resursele didactice recomandate elevilor

Nr. crt.	Denumirea resursei	Locul unde poate fi consultată/ accesată resursa
1.	Dragoș Ciurea, Transmisiuni telefonice, Ed. MatrixRom, București, 2004	Biblioteca instituției
2.	Doru Suci, Fundamente ale sistemelor de comunicații, Ed. MatrixRom, București 2009	Biblioteca instituției
3.	Grazziela Niculescu, Lucian Ioan Tehnici și sisteme de comutație, Ed. MatrixRom, București 2001	Biblioteca instituției
4.	Grazziela Niculescu, Ștefania Bărbălău Analiza și modelarea sistemelor de comunicații, Ed. MatrixRom, București 1997	Biblioteca instituției
5.	Dan Galațchi Problematika rutării în rețelele de comutare de pachete, Ed. MatrixRom, București 2005	Biblioteca instituției
6.	Lucian Ioan, Grazziela Niculescu Sisteme de comunicații, Ed. MatrixRom, București 2012	Biblioteca instituției
7.	Roxana Zoican, Dan Galațchi Managementul rețelelor de telecomunicații, Ed. MatrixRom, București 2004	Biblioteca instituției
8.	Tatiana Rădulescu Relele de telecomunicații, Ed. Thalia, București 1997	Biblioteca instituției
9.	Andrew S. Tannenbaum Rețele de calculatoare, Ediția a patra, Editura Byblos 2004	Internet
10.	www.en.wikipedia.org/wiki/Telephone_exchange ,	Internet
11.	www.networkdictionary.com/telecom/pstn.php	Internet
12.	https://docstore.mik.ua/orelly/networking/tcpip/index.htm	Internet
13.	etti.poly.ro/cursuri/anul%20IV/tstm/TrNum_1.pdf	Internet
14.	etti.poly.ro/cursuri/anul%20IV/tstm/STrAna.pdf	Internet
15.	https://pt.scribd.com/document/.../Curs-TSTMv1-pdf	Internet